

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Уфимский государственный
нефтяной технический университет»

Архитектурно-строительный институт
Кафедра Строительные конструкции

**Металлические конструкции,
включая сварку**
Часть 1 Элементы и соединения

Порываев Илья Аркадьевич – к.т.н. доцент

Ауд. 6-313

Лекция 6 Балки и балочные конструкции

1. Общая характеристика балочных конструкций
2. Прокатные балки
3. Составные балки

Общая характеристика балочных конструкций

Общие сведения

Основной и простейший конструктивный элемент,
работающий на изгиб

Простота конструкции, простота изготовления,
надежность в работе



Область применения

Гражданские, общественные, промышленные
здания

Балочные площадки, междуэтажные перекрытия

Мосты, эстакады

Шлюзы, гидротехнические сооружения

Область применения



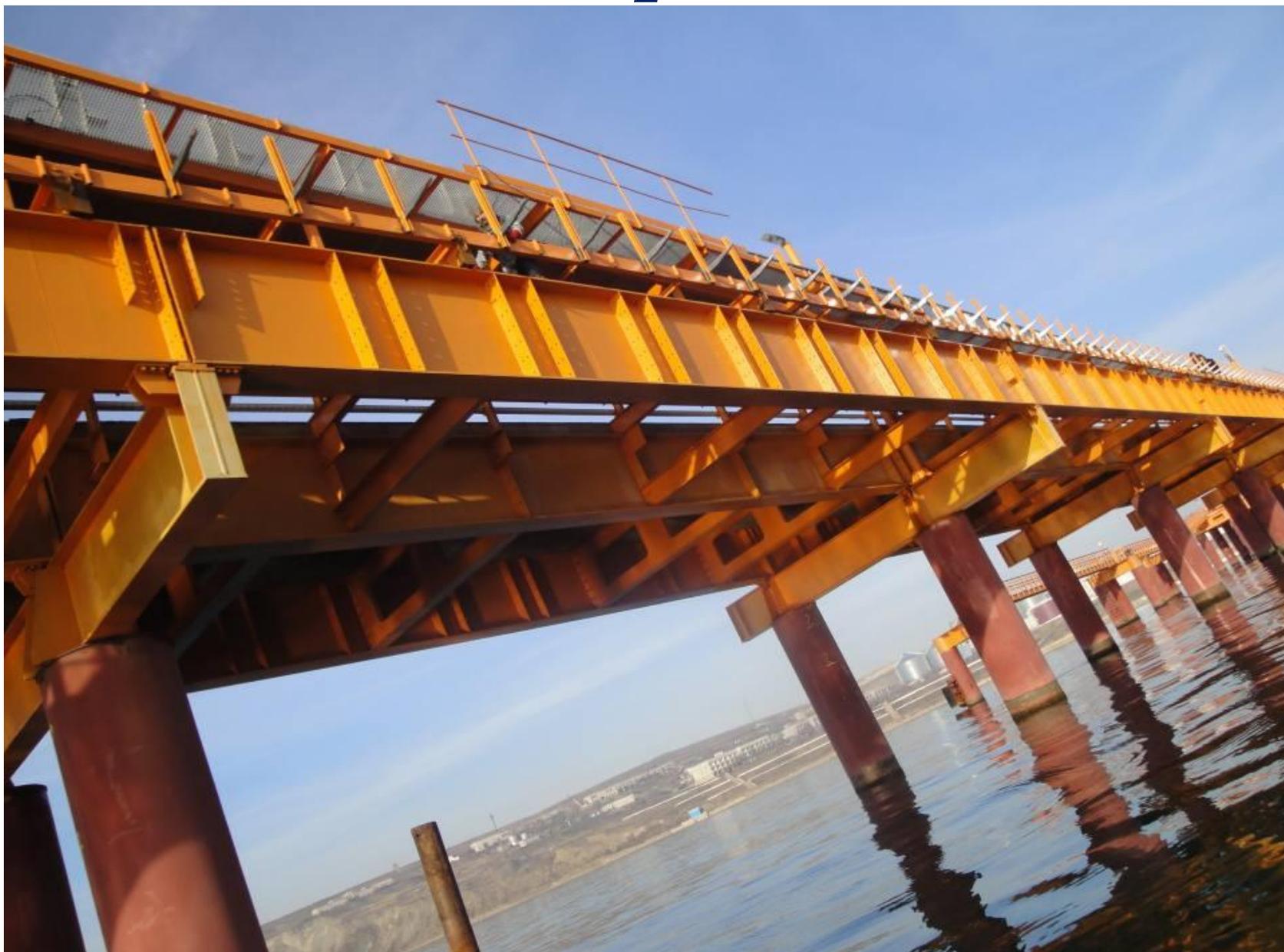
Область применения



Область применения



Область применения



Область применения

Рационально применять при пролетах
до *15-20* м.

Известны примеры применения при пролетах
более *36* м.

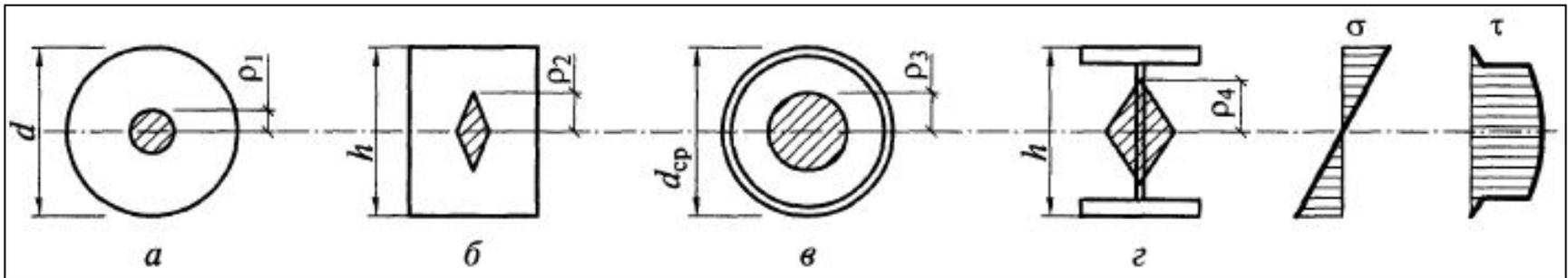
Мостовые балки пролетом *200* и более метров

Типы балок и их сечения

Основной тип сечения балок –
двутавровое симметричное

Мерой эффективности балки (по расходу материала) является отношение момента сопротивления к площади сечения.

$$\rho = W / A$$



$$\rho_1 = 0,125d$$

$$\rho_2 = 0,17d$$

$$\rho_3 = 0,25d$$

$$\rho_3 = (0,33d \dots 0,42d)$$

Классификация

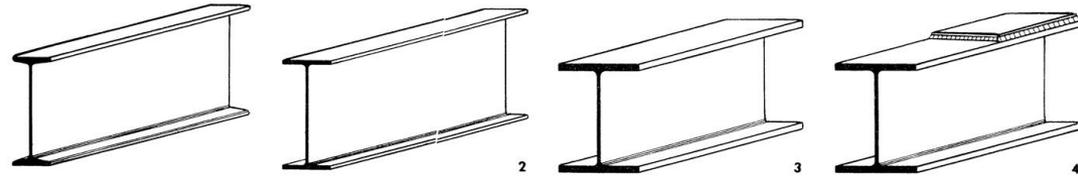
По форме сечения:

Швеллерное

Двутавровое

Коробчатое

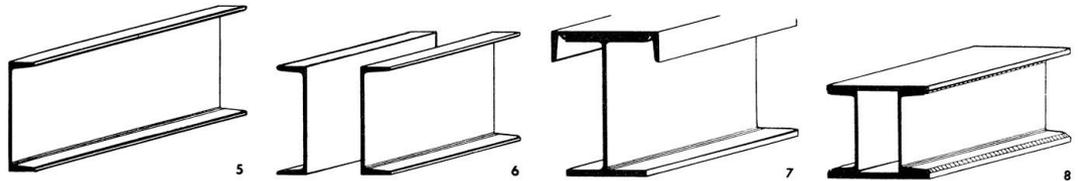
Гнутые профили



По типу сечения:

Прокатные

Составные



По размеру сечения:

Постоянного сечения

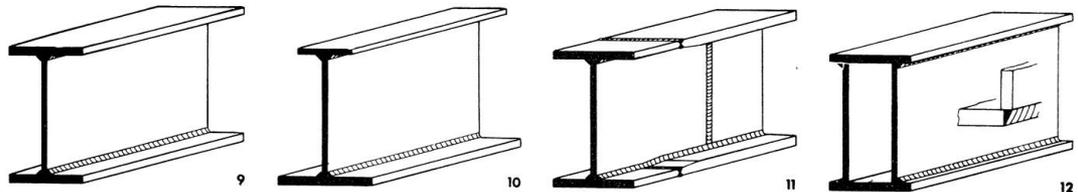
Переменного сечения

По статической схеме:

Разрезные

Неразрезные

Консольные



Классификация



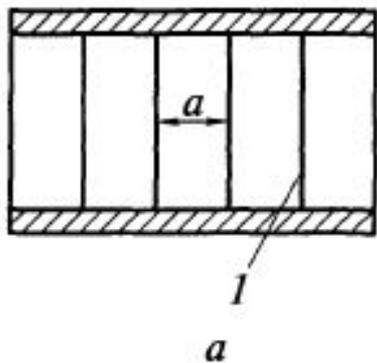
Компоновка балочных конструкций

Система несущих балок, определяющая их количество и взаимное расположение –

Балочная клетка

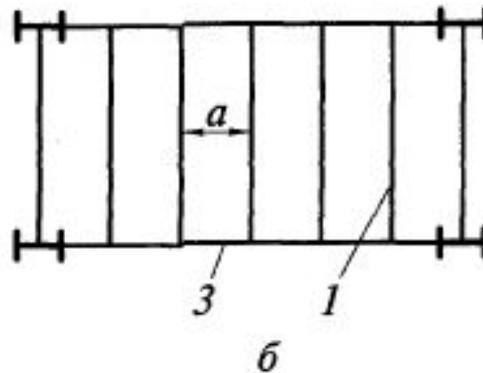
Упрощенный

ТИП



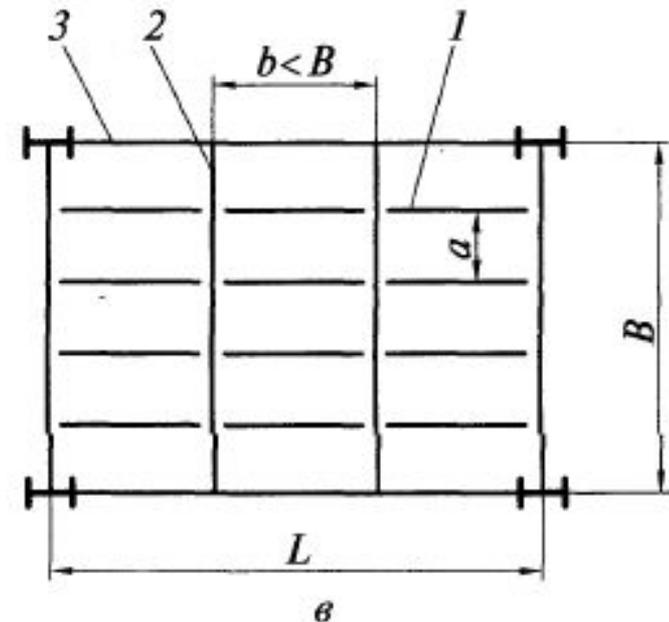
Нормальный

ТИП



Усложненный

ТИП



Компоновка балочных конструкций



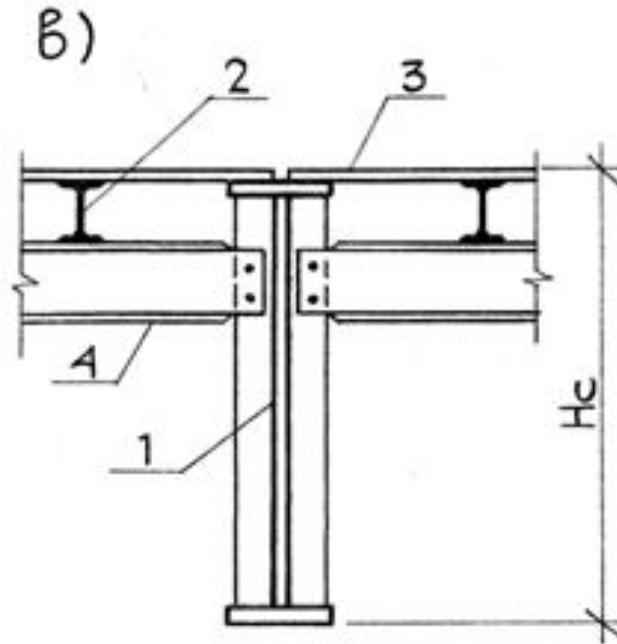
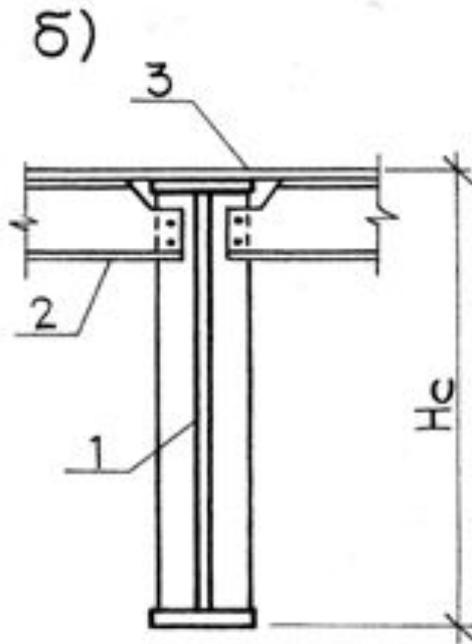
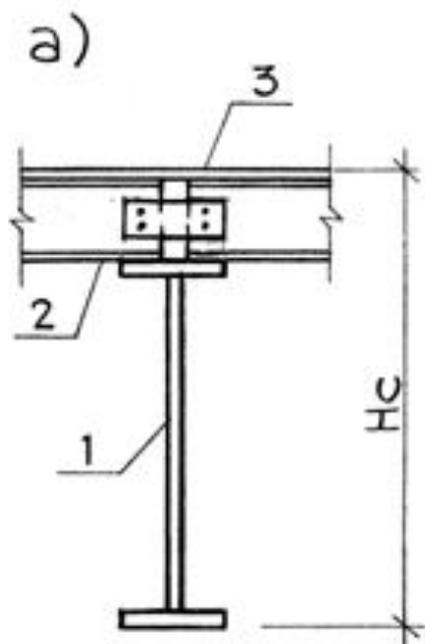
Компоновка балочных конструкций

Тип сопряжения балок между собой определяет строительную высоту перекрытия

Поэтажное

В одном
уровне

Пониженное



Настилы балочных клеток

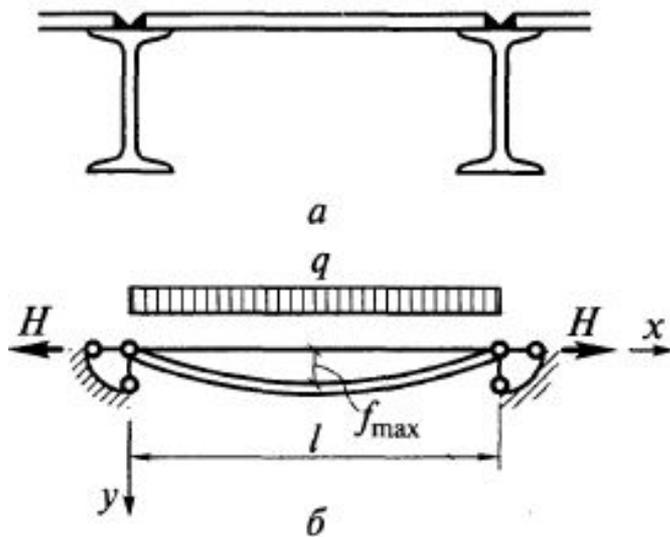
Стальной настил

Профилированный настил

Щитовой настил

Железобетонный настил

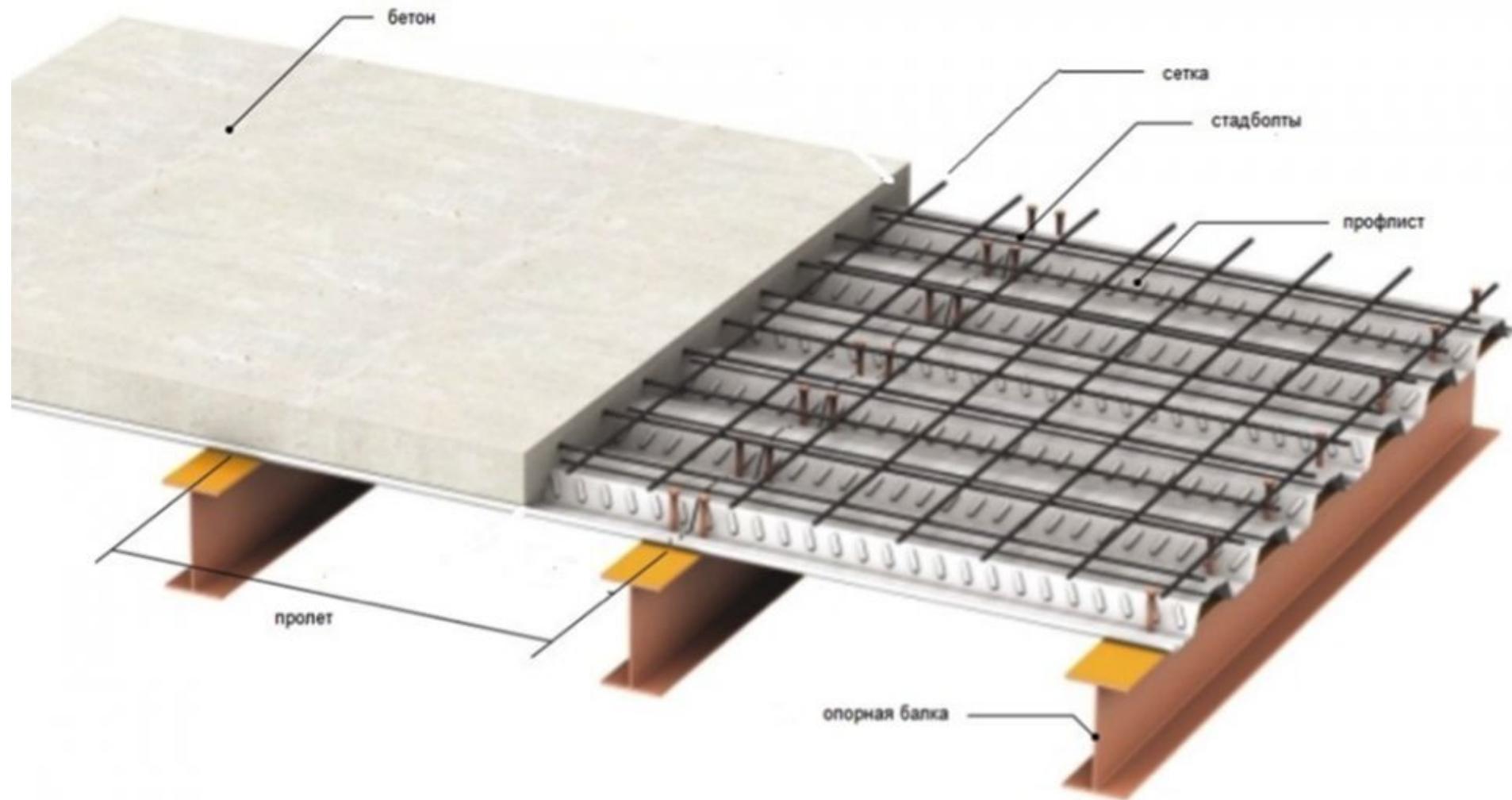
Сталежелезобетонный



Настилы балочных клеток



Настилы балочных клеток



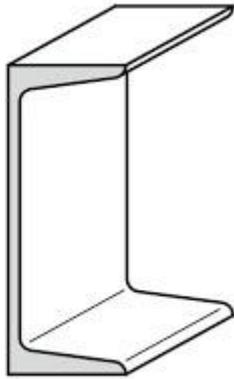
Прокатные балки

Применяют

Двутавры нормальные, типа Б, типа Ш, швеллеры



Двутавр



Швеллер

Высокая местная устойчивость
полок и стенки

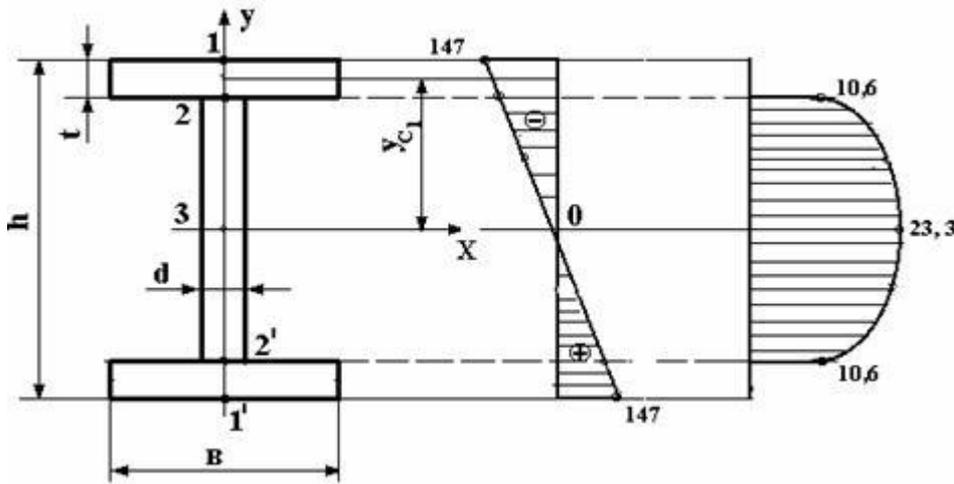
Возможность использовать
упругопластическую работу

Ограниченность сортамента
 $W < 13000 \text{ см}^3$



Подбор сечения и проверка несущей способности прокатных балок

Упругая работа сечения



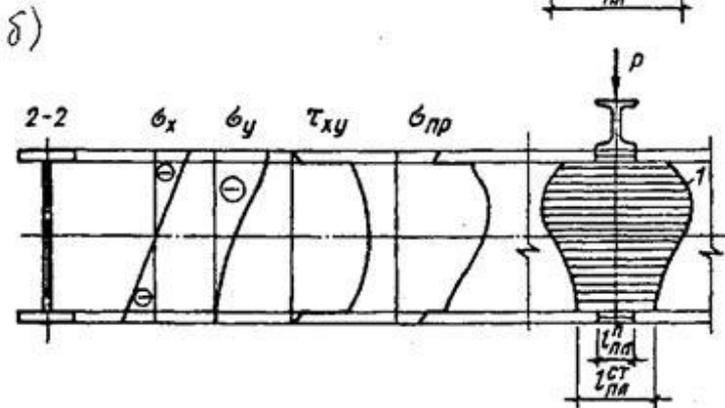
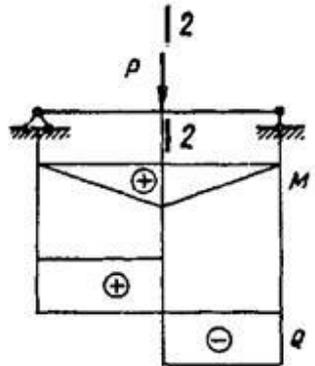
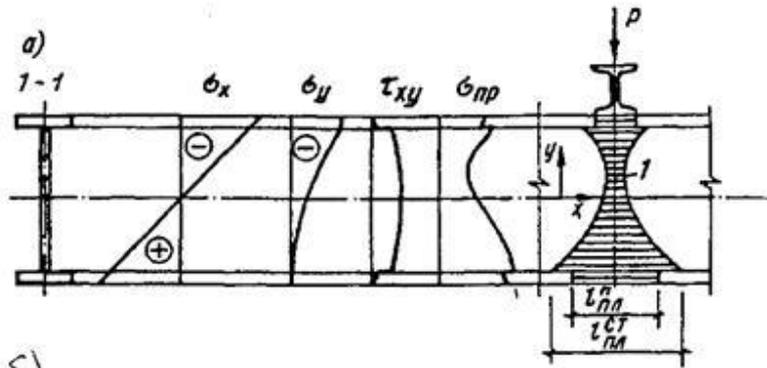
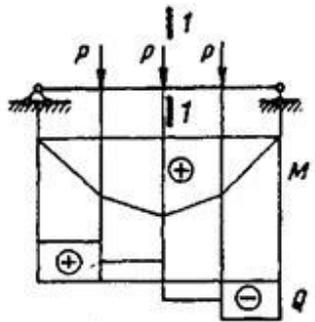
$$\sigma = \frac{M}{W_{n,\min}} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

$$\tau = \frac{Q_{\max} \cdot S}{I \cdot t_w} \leq R_s \cdot \gamma_c$$

$$\frac{M_x}{I_{xn}} y \pm \frac{M_y}{I_{yn}} x \pm \frac{B\omega}{I_\omega} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

Подбор сечения и проверка несущей способности прокатных балок

Упругопластическая работа сечения



$$\sigma = \frac{M}{c_x \cdot \beta \cdot W_{xn, \min}} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

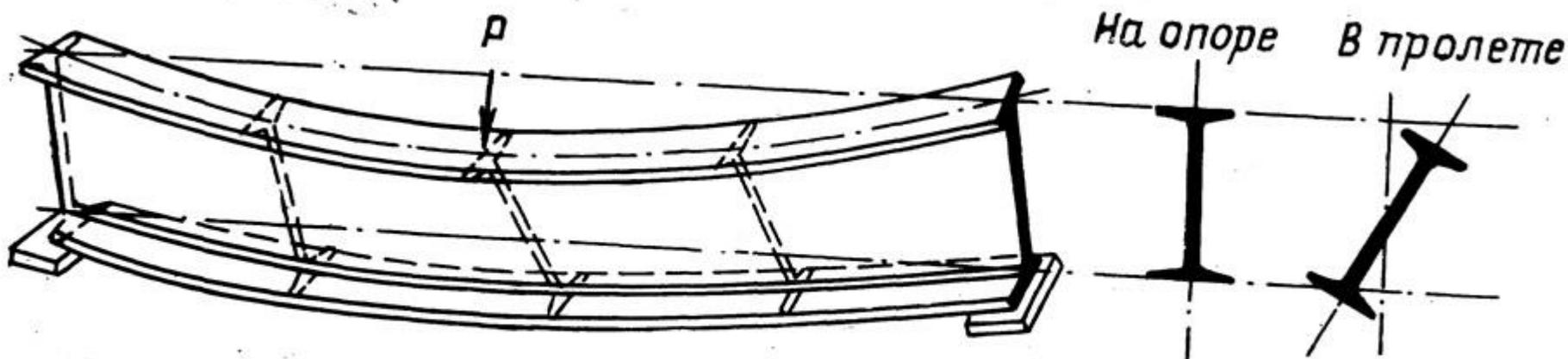
Опорное сечение

$$\frac{Q_x}{A_w} \leq R_s \cdot \gamma_c$$

$$\frac{Q_y}{2 \cdot A_f} \leq R_s \cdot \gamma_c$$

Подбор сечения и проверка несущей способности прокатных балок

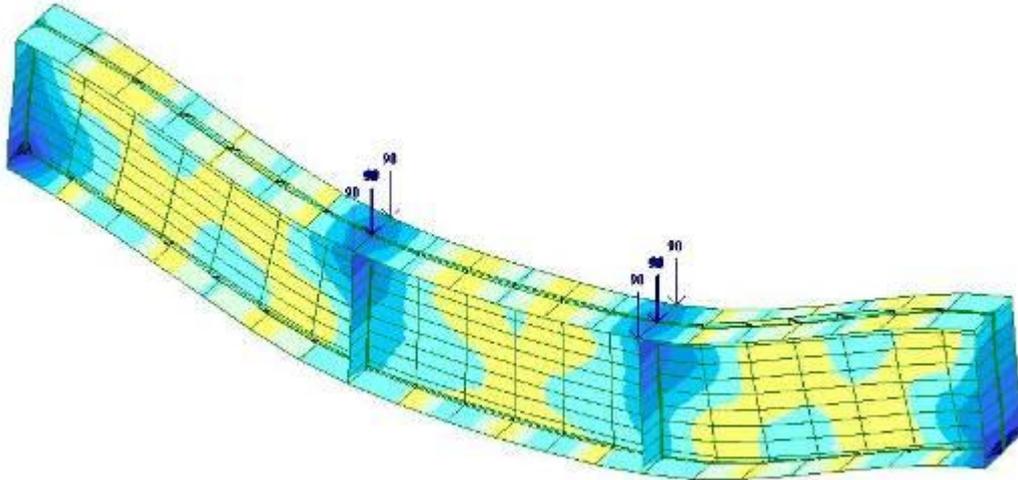
Устойчивость плоской формы изгиба



$$\frac{M_x}{\varphi_b \cdot W_{cx}} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

Проверка жесткости балок

Мерой жесткости балки является относительный прогиб от действия нормативных нагрузок



$$\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right]$$

Предельно допустимый относительный прогиб зависит от назначения и пролета балки. При его назначении учитывают эстетические, психофизиологические и технологические требования.

Составные балки

Общие сведения

Используют когда прокатные балки не удовлетворяют условиям прочности, жесткости, общей устойчивости и т.д.

Большие пролеты, большие изгибающие моменты



Компоновка сечения балки

Компоновку сечения балки начинают с определения высоты

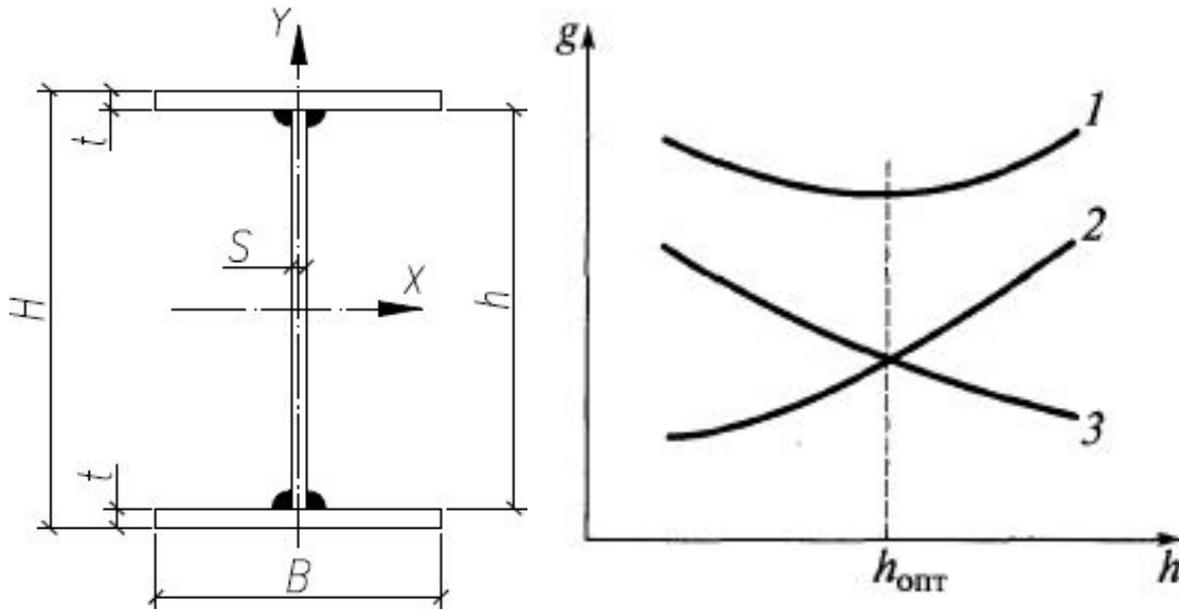
Экономические соображения

Максимально допустимый прогиб

Строительная высота (технологические, эстетические требования)

Компоновка сечения балки

Оптимальная высота балки



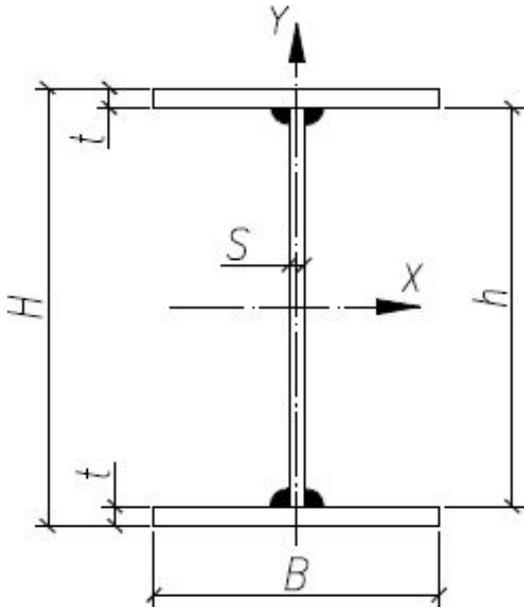
$$h_{\text{опт}} = k \cdot \sqrt{W/t_w}$$

K – коэффициент, зависящий от конструктивного оформления балки

$K = 1,2 \dots 1,15$ для сварных балок; $K = 1,25 \dots 1,2$ для балок с фрикционными поясными соединениями

Компоновка сечения балки

Минимальная высота балки определяется из условия жесткости



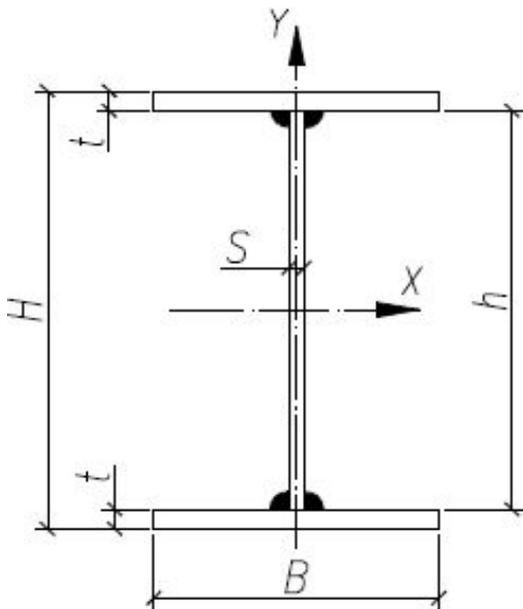
$$h_{\min} = \left(\frac{5}{24} \right) \cdot (\sigma \cdot L) \cdot \left(\frac{L}{f} \right) / E$$

Полагая, что от действия расчетных нагрузок максимальные напряжения в балке достигнут предела текучести

$$h_{\min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{R_y \cdot L}{E} \cdot \left[\frac{L}{f} \right] \cdot \frac{q_H}{q_P}$$

Компоновка сечения балки

Толщина стенки балки



Из условия прочности при действии касательных напряжений

$$t_w \approx \frac{1,2 \cdot Q}{h \cdot R_s \cdot \gamma_c}$$

Условие местной устойчивости стенки без укрепления ее продольным ребром

$$t_w \geq \frac{h_w}{5,5} \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{E}}$$

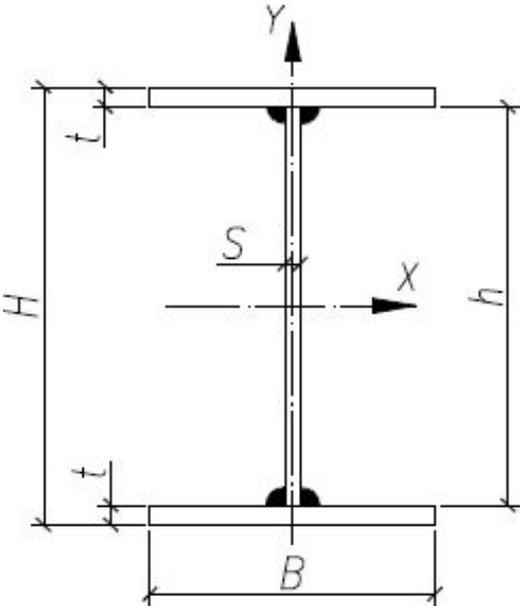
$h_0, \text{ м}$	1	1,5	2	3	4	5
$t_w, \text{ мм}$	8—10	10—12	12—14	16—18	20—22	22—24
$\lambda_w = h_0/t_w$	100—125	125—150	145—165	165—185	185—200	210—230

Минимальная
толщина 8 мм

При толщине до 12 мм кратно 1 мм, более 12 мм кратно 2 мм

Компоновка сечения балки

Горизонтальные листы поясов



Толщина поясного листа не более $3t_w$ и
не более 30 мм

Ширина поясного листа, как правило,
 $1/3 \dots 1/5$ высоты балки

Ширина пояса не меньше 180 мм или
 $h/10$

$$\frac{b_{ef}}{t_f} \leq 0,5 \sqrt{\frac{E}{R_y}}$$

Расчетные проверки подобранного сечения

Прочность при действии изгибающего момента

Прочность при действии поперечной силы

Прочность при совместном действии изгибающего момента и поперечной силы

Общая устойчивость

Местная устойчивость стенки и поясных листов

Жесткость

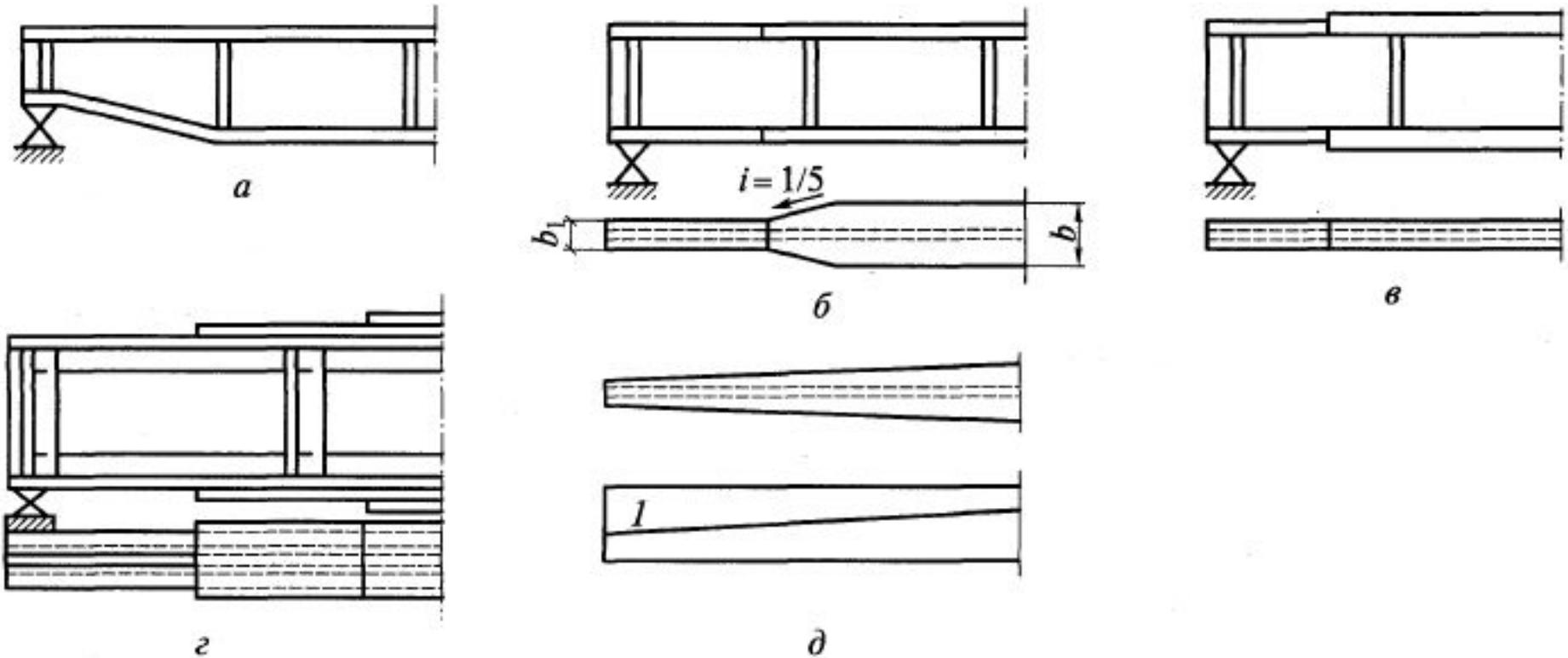
Изменение сечения балки по длине

Сечение составной балки, подобранное по максимальному изгибающему моменту, можно уменьшить в местах снижения моментов

Каждое изменение сечения дает экономию металла, но увеличивает трудоемкость изготовления балки

Эффективно, как правило, при пролете более
10-12 м.

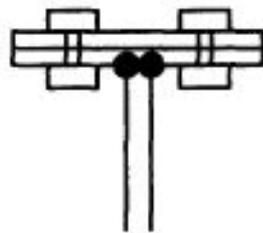
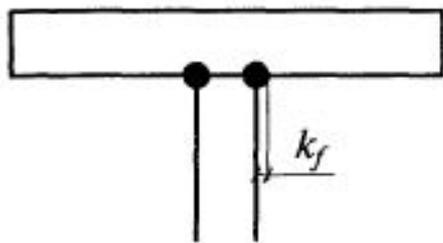
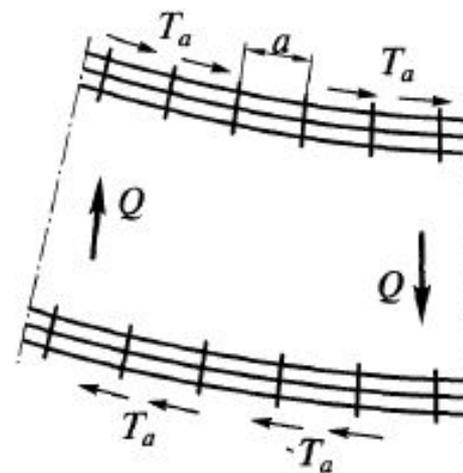
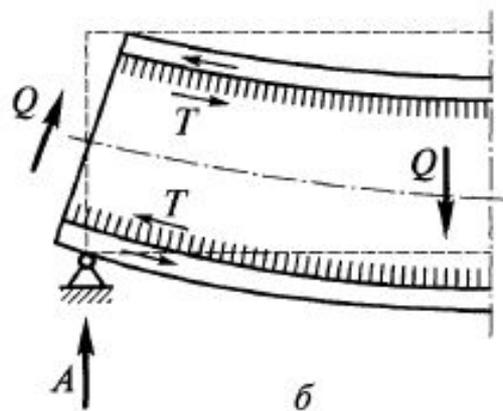
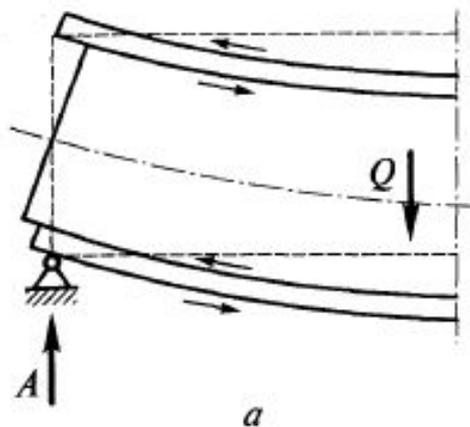
Изменение сечения балки по длине



$$b_1 \geq \frac{h}{10}; b_1 \geq 180 \text{ мм}; b_1 \geq \frac{b}{2}$$

Выполняется расчет сварного стыка различных сечений пояса

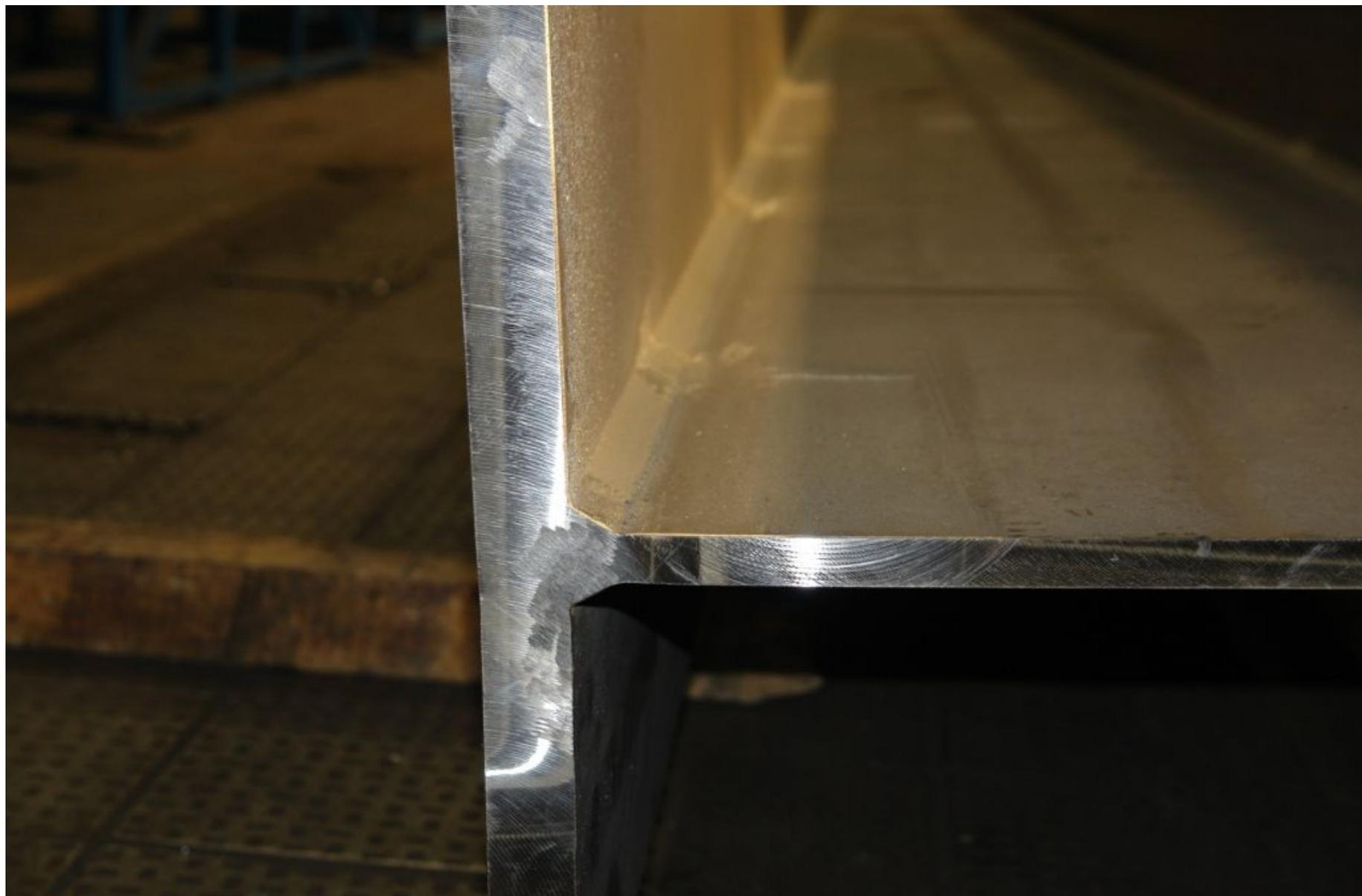
Соединение пояса балки со стенкой



Расчет соединений ведется на силу сдвига пояса относительно стенки и местное давление от внешней нагрузки, приложенной к поясу балки

СП 16.13330.2017
Раздел 14.4

Соединение пояса балки со стенкой



Стыки балок

Заводские

Выполняются на заводе, представляют собой стыки отдельных частей какого-либо элемента

Монтажные

Выполняют на строительной площадке в тех случаях, когда масса или размеры балки не позволяют перевезти ее целиком



Монтажные стыки балок

Сварные

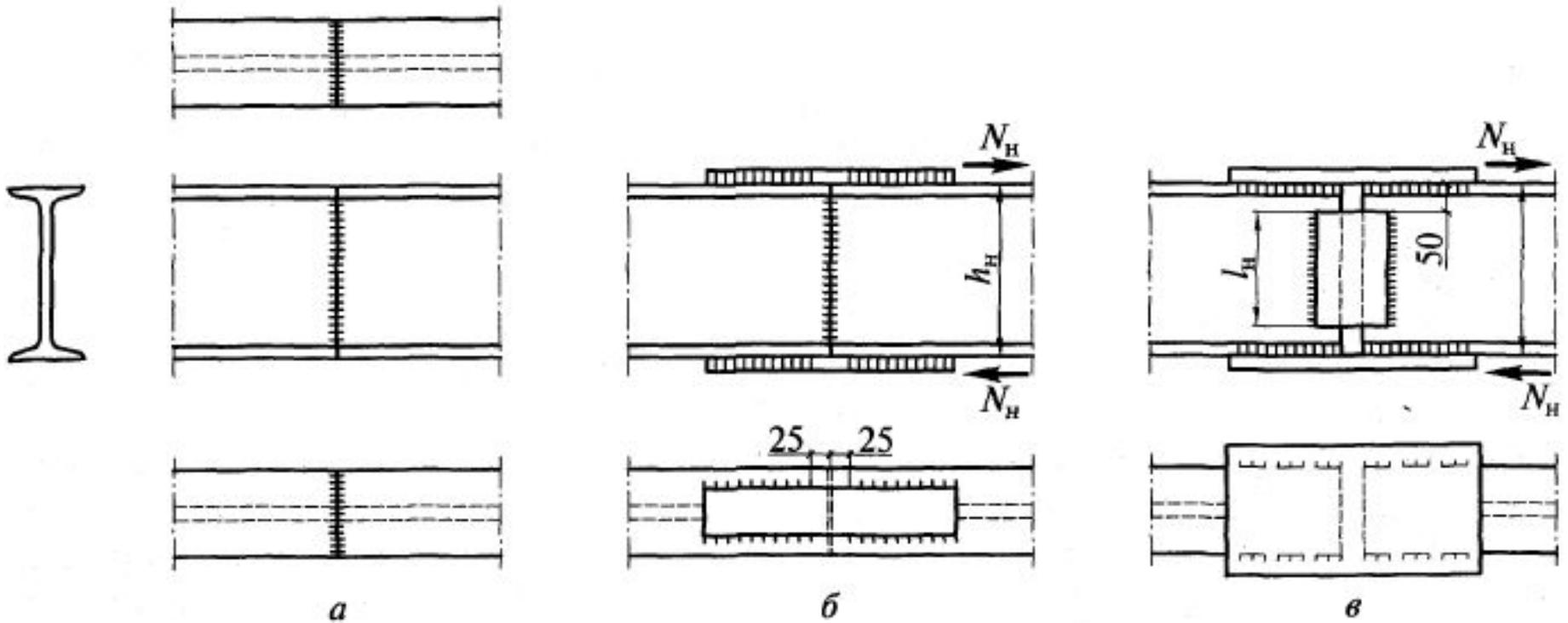
Болтовые

Фланцевые

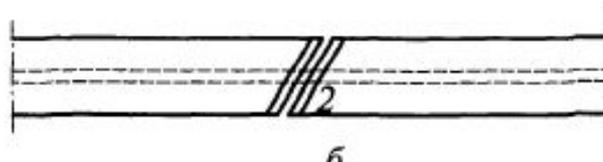
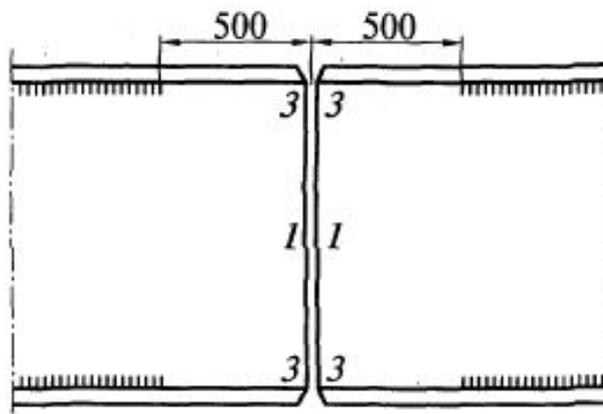
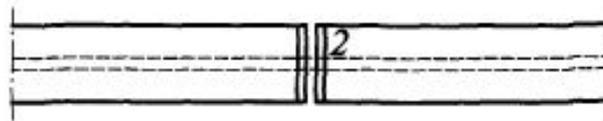
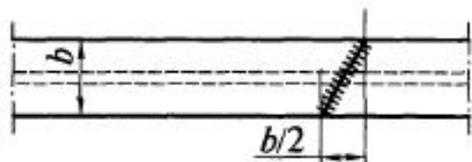
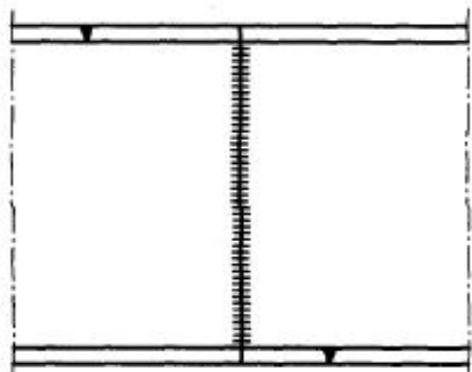
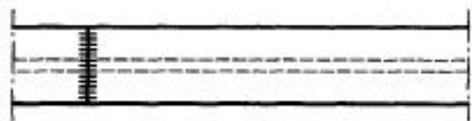
Отдельные отправочные элементы балки должны быть, по возможности, одинаковыми

При сопряжении всех элементов балки в одном сечении стык называют *универсальным*

Сварные стыки прокатных балок

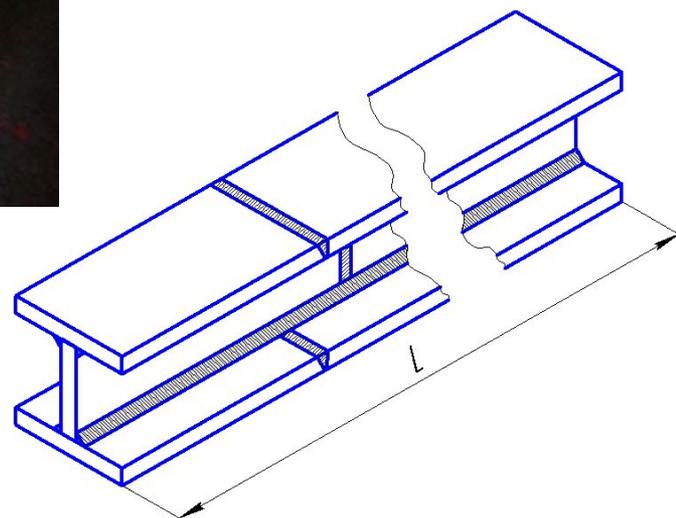


Сварные стыки составных балок

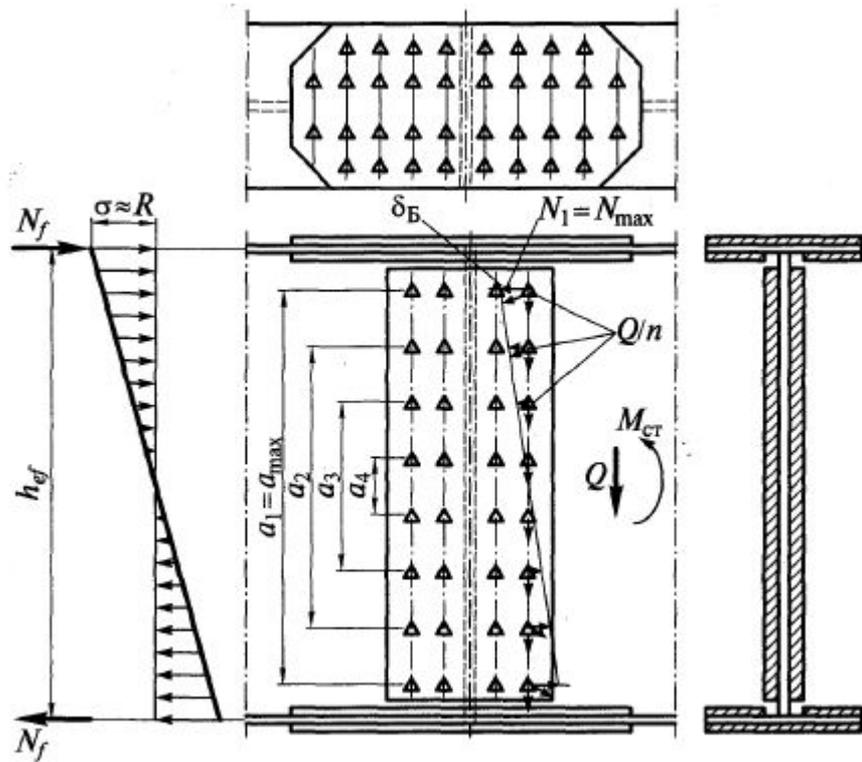


Обеспечить
равнопрочность шва
основному металлу
Разделка кромок
Выводные планки
Физические методы
контроля качества шва

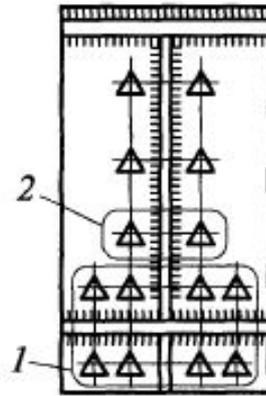
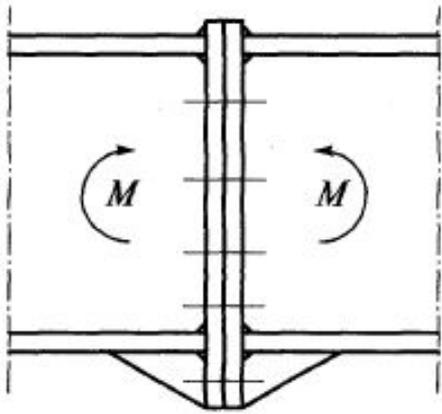
Сварные стыки составных балок



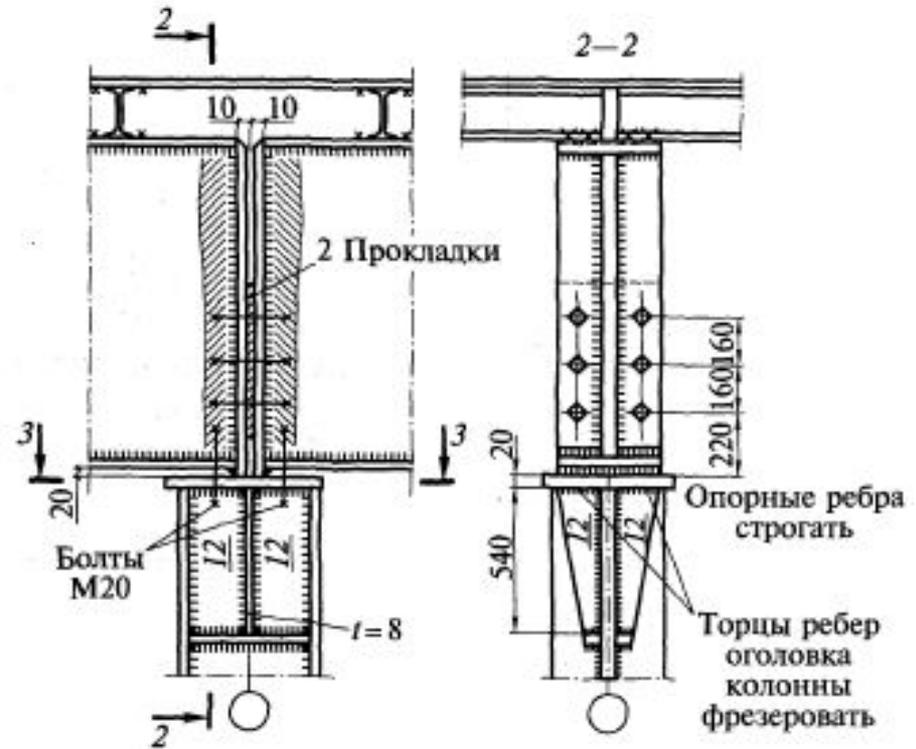
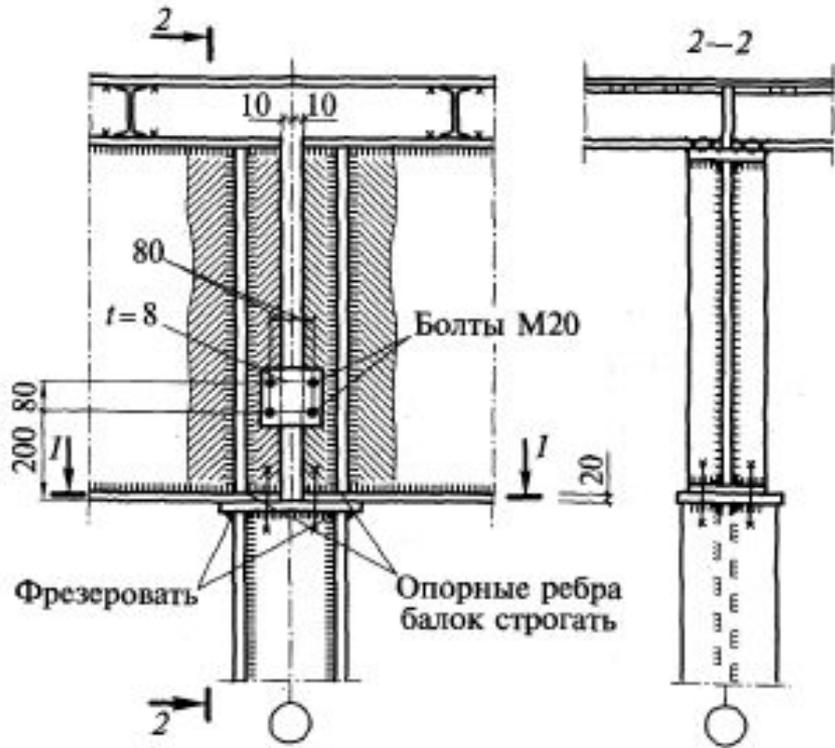
Стык составной балки на высокопрочных болтах



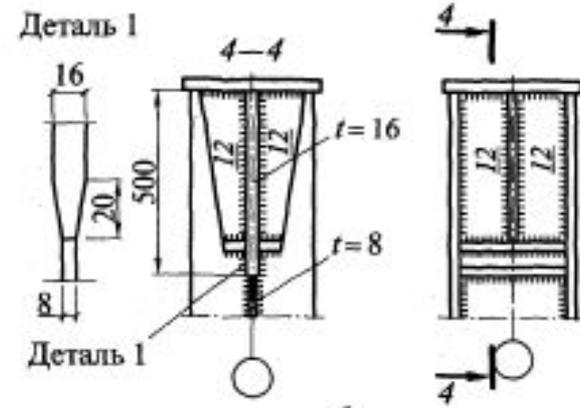
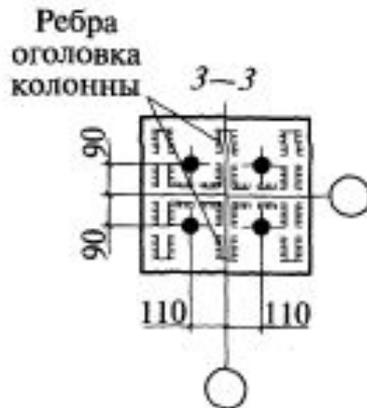
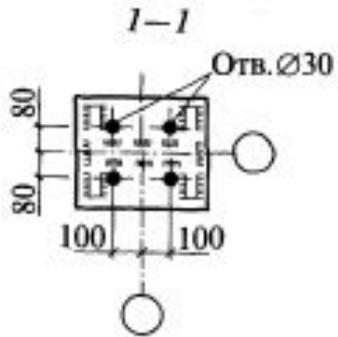
Фланцевый стык составной балки



Опира́ния и сопряже́ния балок



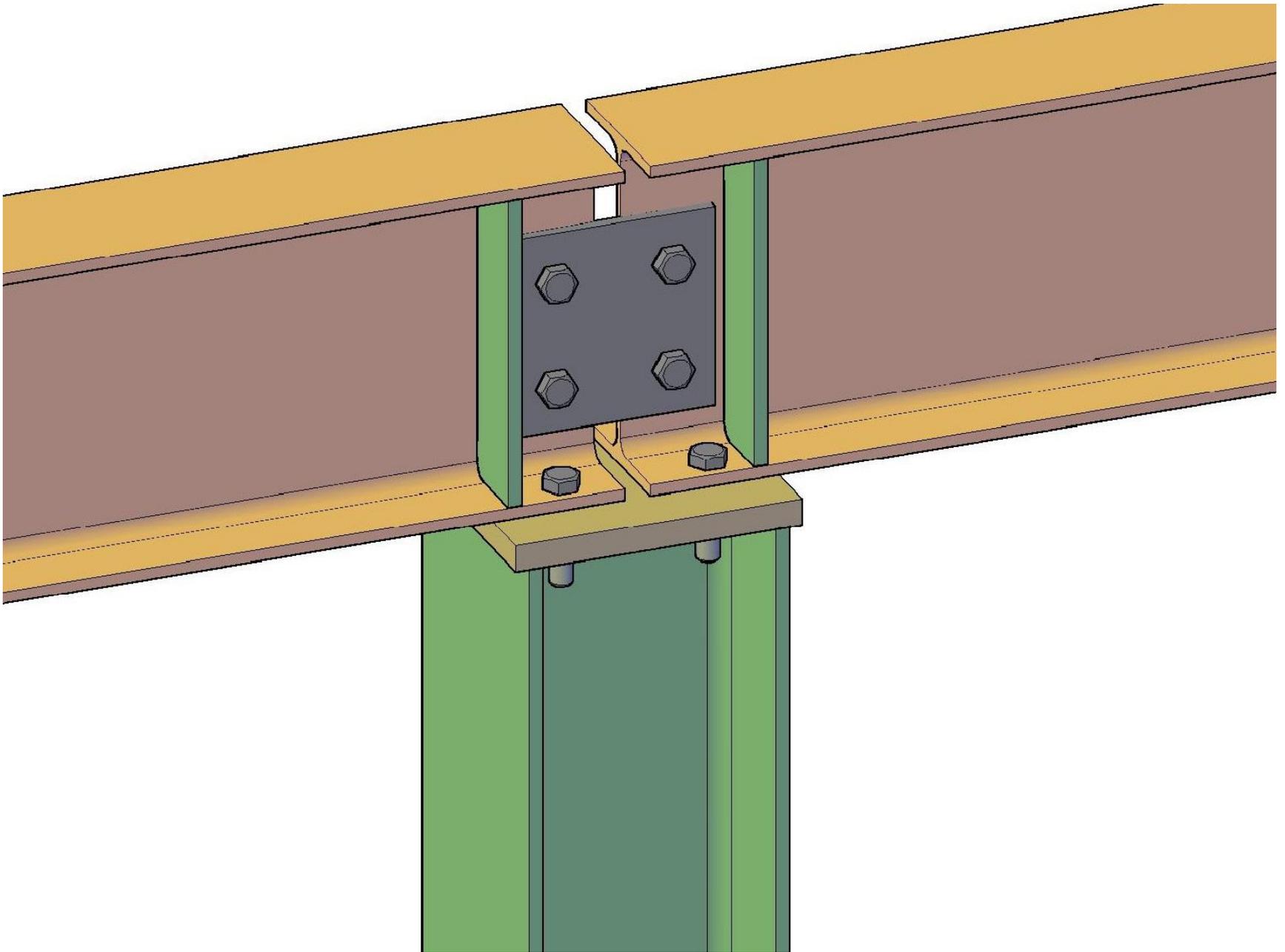
Вариант колонны с утолщенной частью стенки



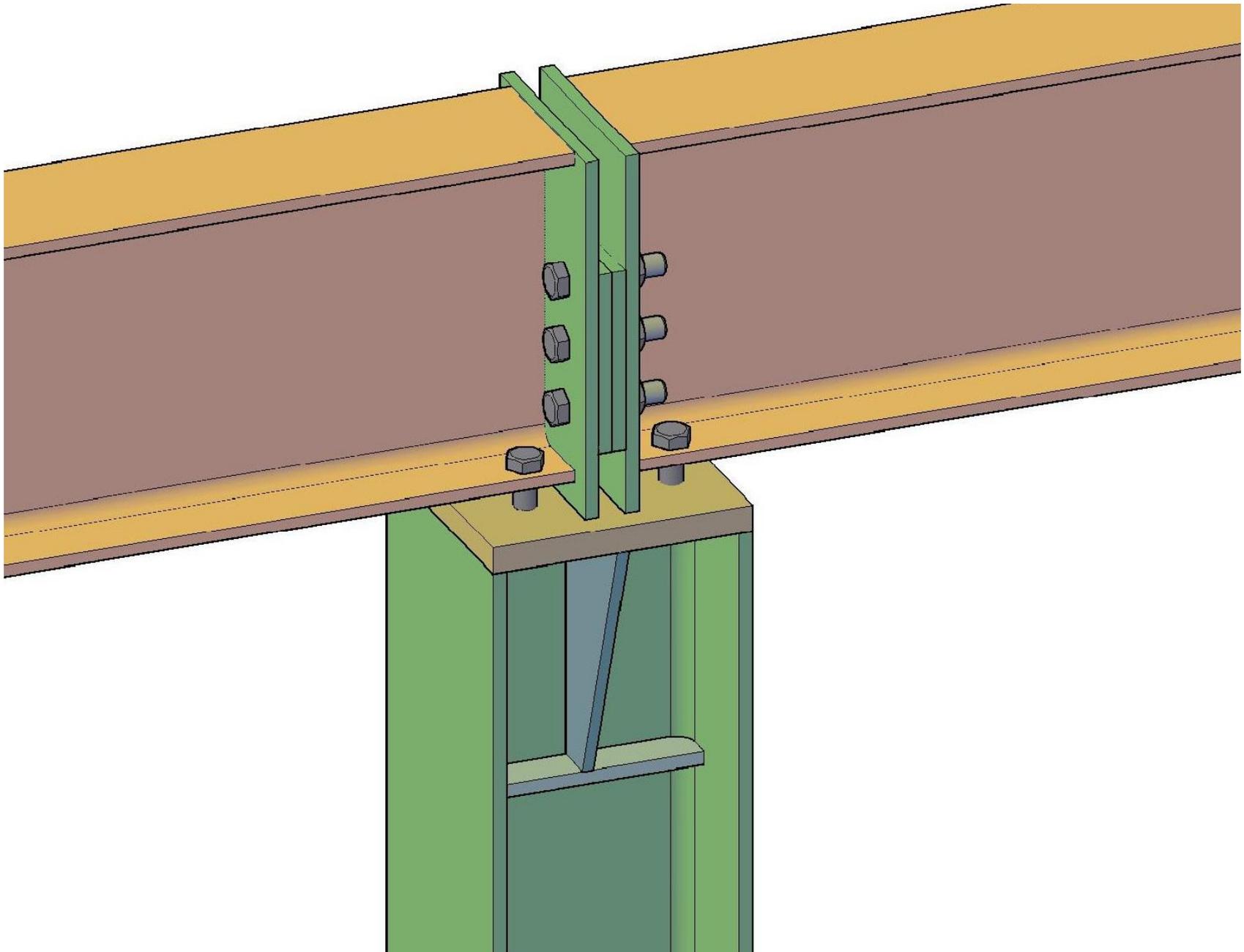
а

б

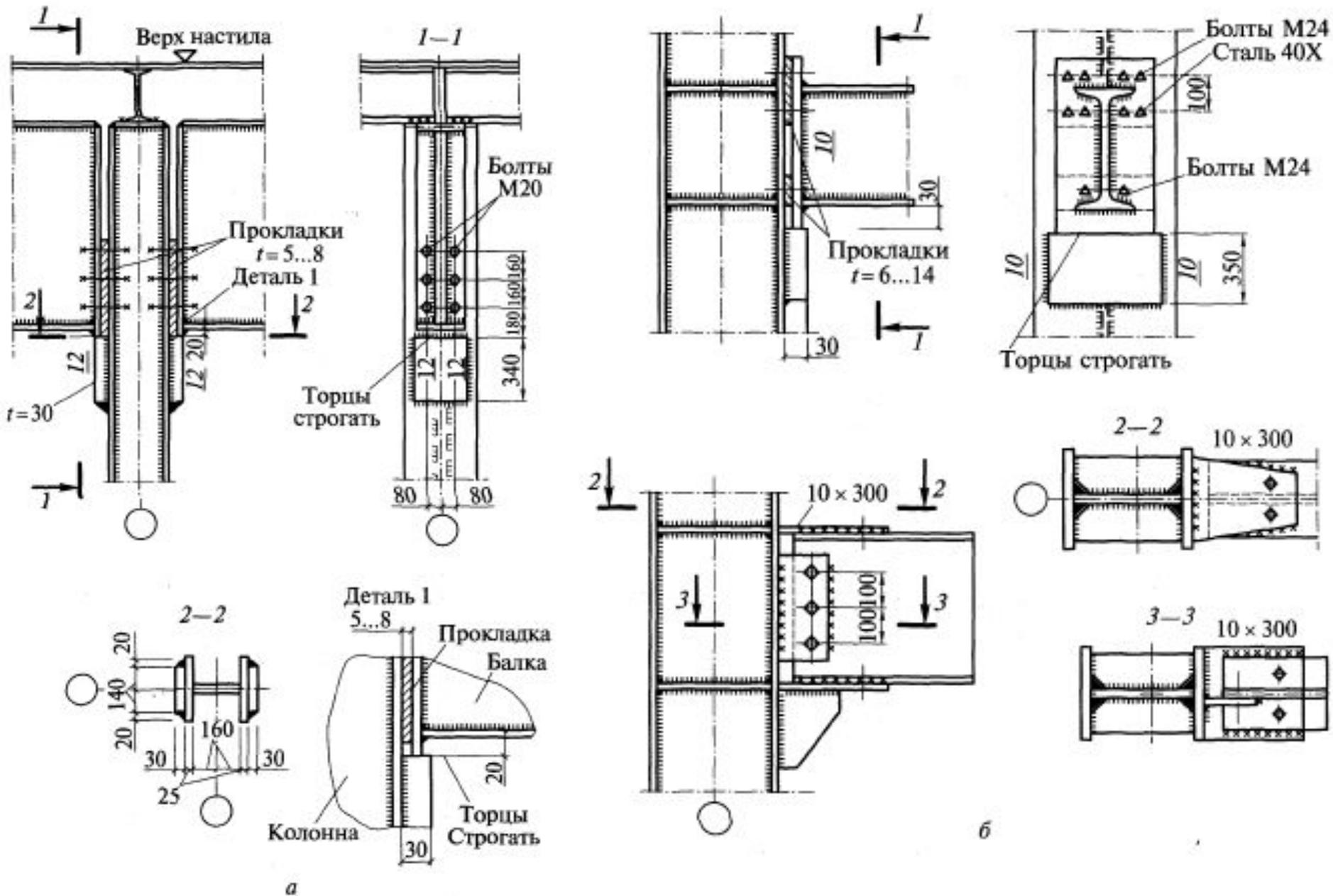
Опираия и сопряжения балок



Опирания и сопряжения балок



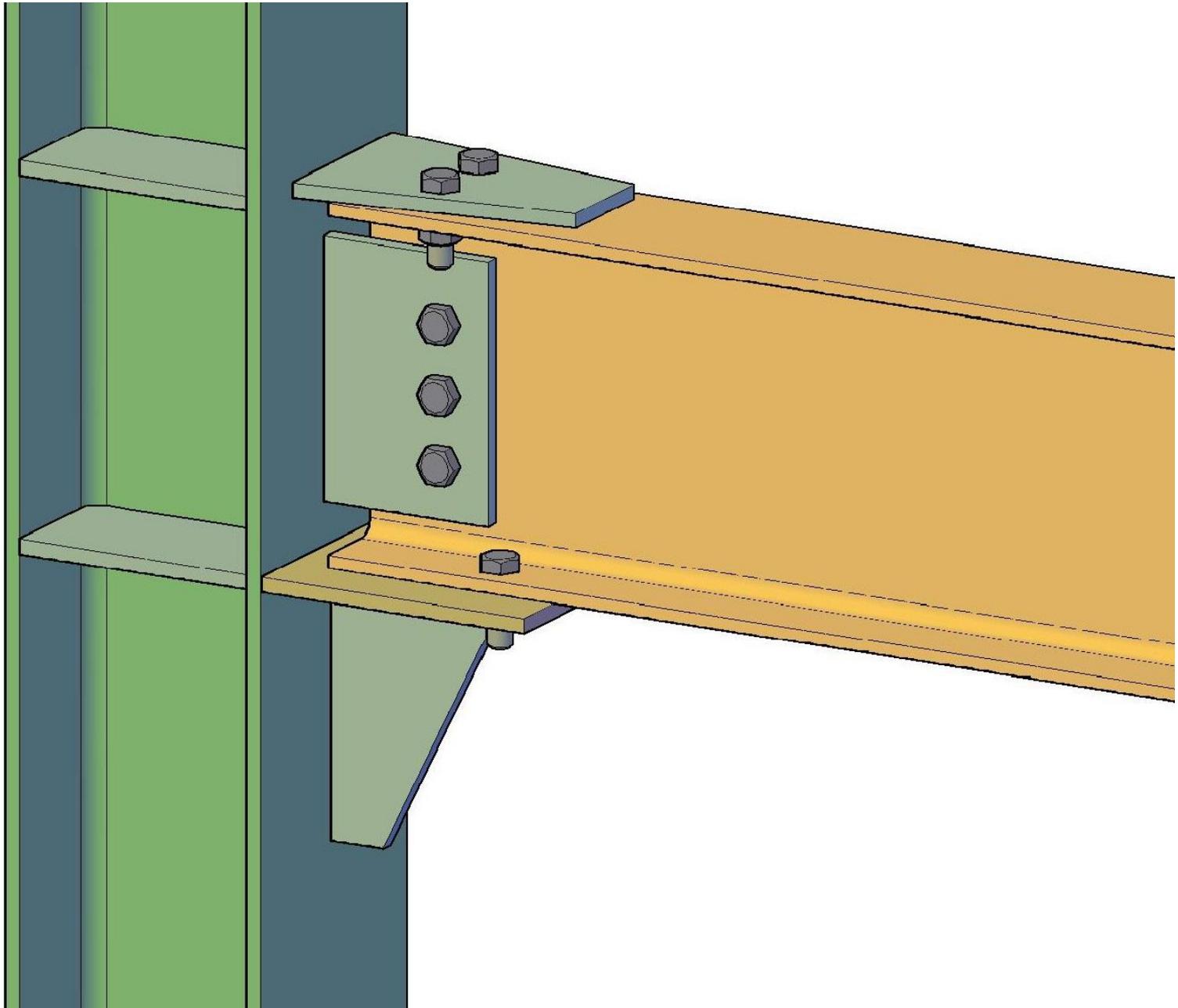
Опираия и сопряжения балок



a

б

Опирания и сопряжения балок



Опираия и сопряжения балок

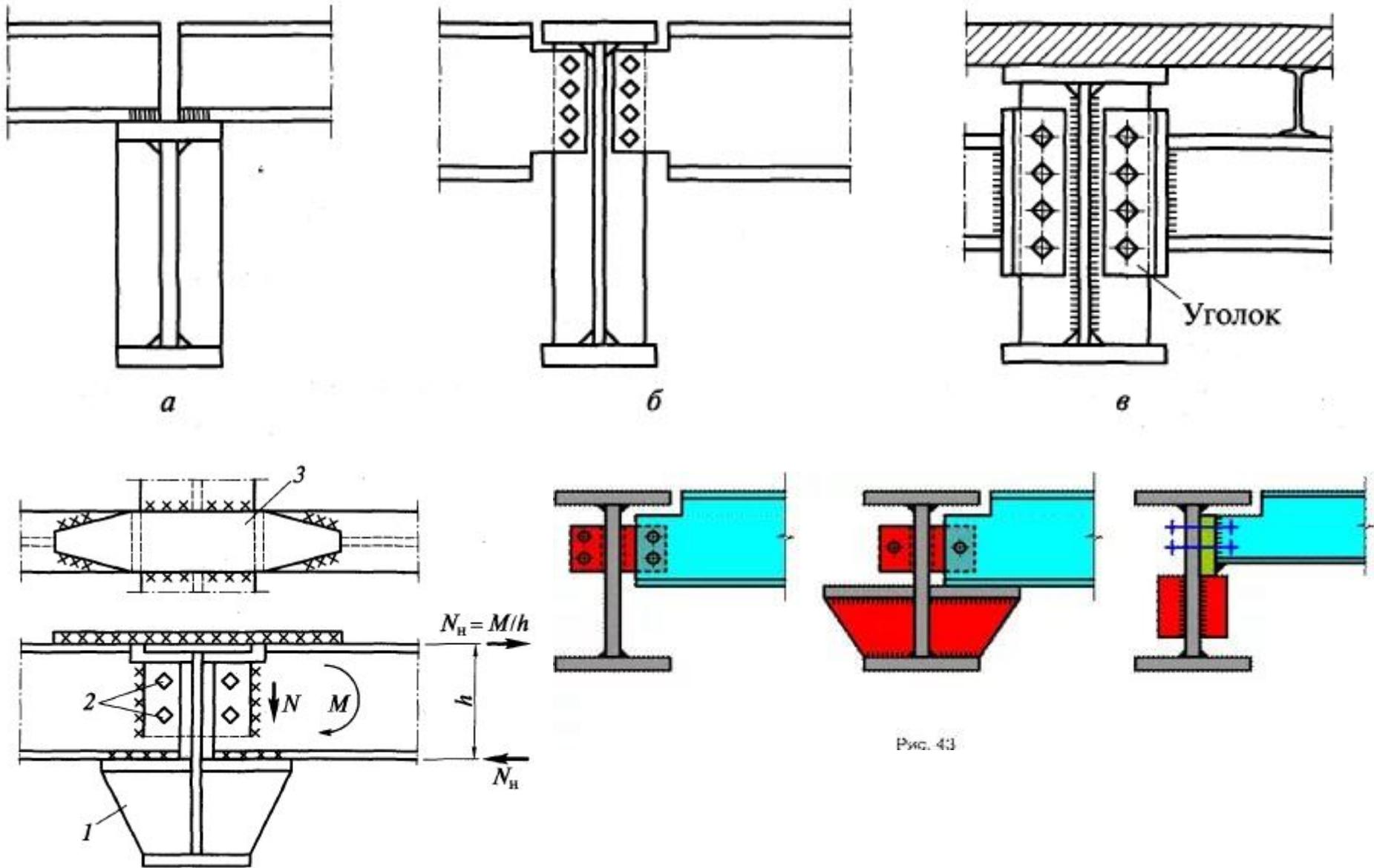


Рис. 43